ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 AOUT 1953.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.



MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

RADIOBIOLOGIE. — *Synthèses chimiques consécutives à l'action des rayons X.* Note (*) de MM. **Antoine Lacassagne** et **Jean Loiseleur**.

Les rayons X produisent un effet inverse sur les molécules irradiées, selon la masse de celles-ci : desmolyse des molécules complexes et de poids moléculaire élevé; condensation et synthèse des molécules simples et de faible poids moléculaire.

La formation de pigments, consécutive à l'irradiation de molécules à radical phénolique, a été précédemment exposée par l'un de nous [1]. Elle conduit à envisager un nouveau mode d'action des rayons X. On connaît, en effet, l'action de desmolyse de ces rayonnements lorsqu'elle s'exerce sur une molécule de poids moléculaire élevé, ou sur un complexe de telles molécules, comme un gène par exemple. A l'inverse, c'est une action de condensation et de synthèse qui se constate sur les petites molécules irradiées.

1. Au cours de leur condensation en pigments, les molécules à radical phénolique irradiées passent par deux phases essentiellement différentes. Elles subissent d'abord une transformation individuelle en peroxydes; puis, ces peroxydes élémentaires réagissent pour aboutir à un produit de condensation. Cette seconde phase débutant au cours même de la première, on s'explique qu'un traitement « curatif » de la radioréaction, par des réducteurs introduits postérieurement à l'irradiation, ne donne jamais qu'un résultat partiel. Contrairement à la première phase, celle de condensation moléculaire est sensible à l'action de certains catalyseurs (chaleur, lumière, ultraviolet, traces de Cu).

(*) Séance du 27 juillet 1953.

[1] J. Loiseleur et M. Sauvage, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 204.

Il est à remarquer qu'une telle réaction des peroxydes est satisfaisante au point de vue de l'énergie d'activation ([2]). Tandis que la condensation spontanée en milieu aqueux de deux molécules, d'un phénol par exemple, est impossible :

$$C_6H_5—OH + C_6H_5—OH \rightarrow C_6H_5—O—C_6H_5 + H_2O,$$

la réaction devient possible grâce à l'instabilité du peroxyde ([3]) produit par l'irradiation

$$C_6H_5—O—OH + C_6H_5—OH \rightarrow C_6H_5—O—C_6H_5 + H_2O_2.$$

Les deux réactions ne diffèrent que par la production d'eau oxygénée au lieu d'eau ([3]). Il est évident que la seconde phase est étroitement conditionnée par la formation préalable du peroxyde sous l'action des rayons X, lesquels confèrent à la molécule une sorte de stimulus de synthèse.

2. Ces faits font ressortir la différence fondamentale qui distingue les résultats obtenus par l'irradiation de molécules de complexités très inégales. Quand, postérieurement à son irradiation, une molécule d'acide désoxyribonucléique présente une chute de viscosité, on peut admettre que le peroxyde, initialement et nécessairement formé à la périphérie de la molécule (1[re] phase), a induit, dans sa propre molécule, une oxydation progressive entraînant une dislocation et la chute de la viscosité (2[e] phase); de même dans le cas de la trypsine cristallisée. Au contraire, la radio-oxydation de molécules phénoliques élémentaires aura pour conséquence la formation d'un complexe moléculaire.

3. Pour établir le schéma général de l'action des rayons X en *milieu aqueux*, il semble qu'il suffise de distinguer, dans tous les cas, les deux phases sus-indiquées : 1° la radio-oxydation primaire, phénomène constant puisque l'oxygène se trouve toujours présent dans le milieu irradié (sauf conditions expérimentales spéciales); 2° l'utilisation de ce radical peroxyde primaire, qui peut s'effectuer de deux façons différentes : *a. action de synthèse*, si la molécule irradiée est simple, car le radical peroxyde est sans action possible sur la propre molécule qui le supporte ([4]), et doit nécessairement réagir avec une autre molécule; *b. action de desmolyse* si la molécule

---

([2]) Cette remarque nous a été suggérée par M. Magat.

([3]) Remarquons, incidemment, que de l'eau oxygénée est présente dans toutes les cellules. On peut imaginer une synthèse directe de la chaîne polypeptidique par intervention de peroxydes sur les acides aminés.

([4]) Cette molécule vient en effet d'être radio-oxydée au maximum, comme on l'a expliqué dans la Note précédente (J. Loiseleur, M[lle] L. Catinot et P. Morenne, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 410).

est complexe ([5]), car le radical peroxyde peut agir sur la propre molécule à laquelle il appartient. La radio-oxydation peut donc entraîner des effets tout à fait opposés, dans le cas d'une molécule simple de faible poids moléculaire, et dans celui d'une molécule complexe de poids moléculaire élevé.

4. Les périodes de « latence », constatées *in vitro* comme *in vivo*, avant que ne se manifestent les effets d'une irradiation, apparaissent désormais comme correspondant simplement au temps nécessaire à l'action du radio-peroxyde primaire sous forme, soit de desmolyse, soit de condensation moléculaire et de synthèses. On peut se demander si l'activité synthétique des rayons X n'interviendrait pas dans la pathogénie des radio-cancers.

5. Ce mode d'action des rayons X peut être légitimement rapproché des expériences d'un ordre tout à fait différent, effectuées *en milieu organique*, et dans lesquelles l'irradiation entraîne également un effet constructeur quand elle porte, et seulement dans ce cas, sur des molécules simples. Magat et ses collaborateurs ont montré que l'irradiation des *monomères* vinyliques entraîne leur polymérisation ([6]). Cet effet résulte de l'ouverture de la double liaison; il est obtenu en l'absence d'oxygène, et n'entraîne la formation ni d'eau, ni d'autres sous-produits.

En revanche, si l'on irradie le *polymère* vinylique — et cette fois la présence d'oxygène est indispensable — les rayons X exercent une action de desmolyse, mise en évidence par la chute de la viscosité.

6. Il apparaît donc que les radiations X réalisent très simplement des synthèses difficiles de la chimie organique. C'est ainsi que le mélange de diméthylparaphénylènediamine ($C = M/50$) et de H_2S ($C = M/100$), en solution dans HCl N/10 et en présence de SO_4Cu (250 γ/cm^3), se transforme, après administration de 100 000 r sous barbotage d'oxygène et chauffage à 100° pendant 15 mn, en une magnifique solution bleu très foncé de bleu de méthylène ([7]), tandis qu'un témoin chauffé dans les mêmes conditions, mais non irradié, reste incolore. Si l'on augmente jusqu'à 750 000 r la dose administrée au mélange précédent, on réalise la synthèse du violet de Lauth, consécutivement à la déméthylation par excès de radio-oxydation.

([5]) Ce degré de complexité doit répondre à la seule condition que le radical peroxyde rencontre, sur la molécule qui le porte, un groupe susceptible d'être oxydé, et situé à un écart maximum de 5 Å. (J. Loiseleur, *Ann. Inst. Pasteur*, 84, 1953, p. 1001).

([6]) M. Magat, A. Chapiro, Y. Landler et Ch. Souin, *Rev. trav. chim. Pays-Bas*, 68, 1949, p. 1037; A. Chapiro, *J. de Chim. Phys.*, 47, 1750, p. 747 et 704.

([7]) Cette réaction pourrait servir en dosimétrie des rayons X.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Union géodésique et géophysique internationale, 2e année, n° 3, 1953. *Bulletin d'information de l'U. G. G. I.*, publié par le Secrétaire général Georges Laclavère.

ALGÈBRE. — *Contributions à la théorie des quasi-groupes : quasi-groupes obéissant à la « loi des keys » ou automorphes par certains groupes de permutations de leur support.* Note (*) de M. **Albert Sade**, présentée par M. René Garnier.

I. Soit un quasi-groupe dont la loi de composition satisfait à l'axiome $(xy)y = x$ (que M. Mituhisa Takasaki appelle [1] la « loi des keys »). Alors, on a la

Proposition 1. — *Q étant un quasi-groupe satisfaisant à la loi des keys, toute autotopie* [2] *de la forme* $(\varphi, \psi, \varphi^{-1})$ *préserve cet axiome* (autrement dit, transforme Q en un quasi-groupe, qui satisfait encore à cet axiome). *Une torsion* [2] χ *de* Q *préserve la loi des keys si, et seulement si l'on a, pour tous* a, $x \in$ Q, $ax = \chi.[(\chi.a)x]$ *et, dans ce cas,* χ *est une permutation régulière de* Q (c'est-à-dire, se décompose en cycles, finis ou infinis, d'une même longueur). *Et toute autotopie préservant la loi des keys est produit des autotopies de ces deux types.*

Considérons un groupe abélien $\mathfrak{A}$, (dont la loi de composition sera écrite additivement) a étant un élément fixé quelconque de $\mathfrak{A}$, l'image de $\mathfrak{A}$ par la torsion $\chi = \{x \to a - x\}$, autrement dit, le quasi-groupe dont la loi de composition est : $xy = a - x - y$, sera dit un *quasi-groupe anti-abélien* associé à $\mathfrak{A}$, et tout quasi-groupe isomorphe à un quasi-groupe de cette forme sera dit *anti-abélien*. Il sera dit *anti-cyclique* si le groupe correspondant, $\mathfrak{A}$, est cyclique. Un quasi-groupe anti-abélien satisfait, évidemment, à la loi des « keys bilatère » : $(xy)y = y(yx) = x$.

Proposition 2. — *Un quasi-groupe, obéissant à la loi des keys, obéit à la loi des keys bilatère si et seulement s'il est commutatif. Q étant un tel quasi-groupe, une autotopie de Q préserve la loi des keys bilatère si, et seulement si elle est le produit d'une autotopie de la forme :* $(\varphi, \varphi, \varphi^{-1})$ *et d'une torsion satisfaisant aux condi-*

(*) Séance du 3 août 1953.

(1) *Tôhoku Math. Journ.*, **49**, 1943, p. 145-207.

(2) *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 372.

tions de la proposition précédente. Une telle torsion χ *a, dans le cas présent, la propriété suivante :* D *étant la relation d'équivalence dans* Q *que l'on obtient en rangeant dans une même classe tous les éléments qui entrent dans un même cycle de* χ, D *est un diviseur de* Q; *et si* X, Y, Z *sont trois classes* (Mod. D) *telles que* $XY = Z$, *si* $x \in X$, $y \in Y$, *et si* φ, ψ, ε *sont respectivement les permutations* $t \to ty$, $t \to xt$ *et la permutation identique de* Q, *alors,* Z *est un sous quasi-groupe anticyclique de l'image de* Q *par l'autotopie* $(\varphi^{-1}, \psi^{-1}, \varepsilon)$.

Un quasi-groupe sera appelé *semi-groupe singulier* s'il obéit à la loi associative $(xy)z = x(yz)$ sauf quand, parmi les x, y, z il y en a deux d'égaux ou lorsque un de ces trois éléments est égal au produit des deux autres. Un quasi-groupe est dit *idempotent* si chacun de ses éléments l'est.

Proposition 3. — *Soit* Q *un quasi-groupe idempotent, satisfaisant à la loi des keys bilatères et tel que, pour tous* a, b, c, d *distincts deux à deux,* $ab = cd$ *implique* $ad = cb$. *Alors,* Q *est un semi-groupe singulier et, pour tout* $s \in Q$, *les sous-ensembles* $\{a, sa\}$, (*où* $a \in Q$) *de* Q *en forment une partition, qui en est un diviseur quasi normal propre, dont la classe singulière est* $\{s\}$; *le quotient* (*singulier*) *de* Q *par ce diviseur satisfait aux mêmes conditions que* Q. *Si* Q *est d'ordre fini, cet ordre est toujours de la forme* $2^m - 1$, *et, pour tout* m, *il existe de tels semi-groupes singuliers de cet ordre.*

Inversement, les quasi-groupes satisfaisant aux conditions précédentes peuvent se caractériser comme semi-groupes singuliers-idempotents satisfaisant à la loi des keys bilatères, ou encore comme quasi-groupes idempotents, possédant un diviseur quasi normal dont la classe singulière a un seul élément et dont les classes régulières ont deux éléments, le quotient par ce diviseur satisfaisant aux mêmes conditions. Ceci permet de construire tous les quasi-groupes de cette forme.

II. — Soit R_n l'anneau des restes des entiers rationnels (mod. n). Le groupe des transformations de la forme : $x \to ax + b$ de cet anneau, où b est un élément arbitraire de R_n et où a est un élément de R_n, premier à n, arbitraire, s'appelle son *groupe linéaire*, et le sous-groupe de ce groupe, formé par les transformations : $x \to x + b$ ($b \in R_n$) s'appelle le *groupe des translations de* R_n. Supposons que sur R_n, en plus de l'addition et de la multiplication (notées comme d'habitude), soit donnée encore une troisième loi de composition, notée $a \times b$.

Proposition 4. — *Pour que la loi de composition* $a \times b$ *soit invariante par le groupe des translations de* R_n, *il faut et il suffit qu'elle soit de la forme :* $a \times b = f(a - b) + b$, *où* $f(x)$ *est une fonction définie sur* R_n *et à valeurs sur* R_n; R_n *est un quasi-groupe par rapport à une loi de composition de cette forme si, et seulement si* $x \to f(x)$ *et* $x \to f(x) - x$ *sont toutes les deux permutations de* R_n.

Proposition 5. — *Pour que la loi de composition* $a \times b$ *soit invariante par rapport au groupe linéaire de* R_n, *il faut et il suffit qu'en plus,* $f(x)$ *soit de*

la forme $\varphi(d)x$, où d est le p. g. c. d. des x et n et où $\varphi(d)$ est une fonction définie sur l'ensemble des diviseurs (positifs) de n et à valeurs dans R_n, telle que $\varphi(d)$ et $\varphi(d)-1$ soient toujours premiers avec n.

Les démonstrations des résultats énoncés dans cette Note et dans la Note précédente ([2]) seront données ailleurs.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *L'écoulement de l'air à grande vitesse dans un tuyau cylindrique.* Note (*) de MM. **Lucien Santon** et **Roger Depassel**, transmise par M. Joseph Pérès.

Nous avons décrit, dans une Note précédente ([1]) le dispositif expérimental que nous avons employé et donné les profils de vitesses obtenus. Nous donnons ici les résultats généraux et leur comparaison avec les théories existantes.

La température d'arrêt, donnée par un couple ventilé, est très légèrement inférieure à la température au point amont de vitesse nulle, l'écart augmente progressivement pendant le développement de la couche limite, se fixe à 1,5° dès que le régime est établi et conserve cette valeur pendant toute la longueur du tube, sauf au voisinage de la sortie où il atteint 3°.

L'indication de la prise statique est constante selon un diamètre, lorsque le gradient de vitesse suivant l'axe est faible; il n'en est plus de même lorsque ce gradient s'élève. Lorsqu'on passe de l'axe à la paroi elle diminue de 1 % à 1 m de la sortie et de 6 % au voisinage de l'extrémité.

La pression d'arrêt a montré des fluctuations incessantes dans toute la zone où l'écoulement est turbulent et on a noté les valeurs moyennes. Par contre, cette pression n'a pas été influencée par le diamètre de la tige support et nous n'avons pas eu recours à l'extrapolation employée pour la pression statique et décrite dans la Note précédente.

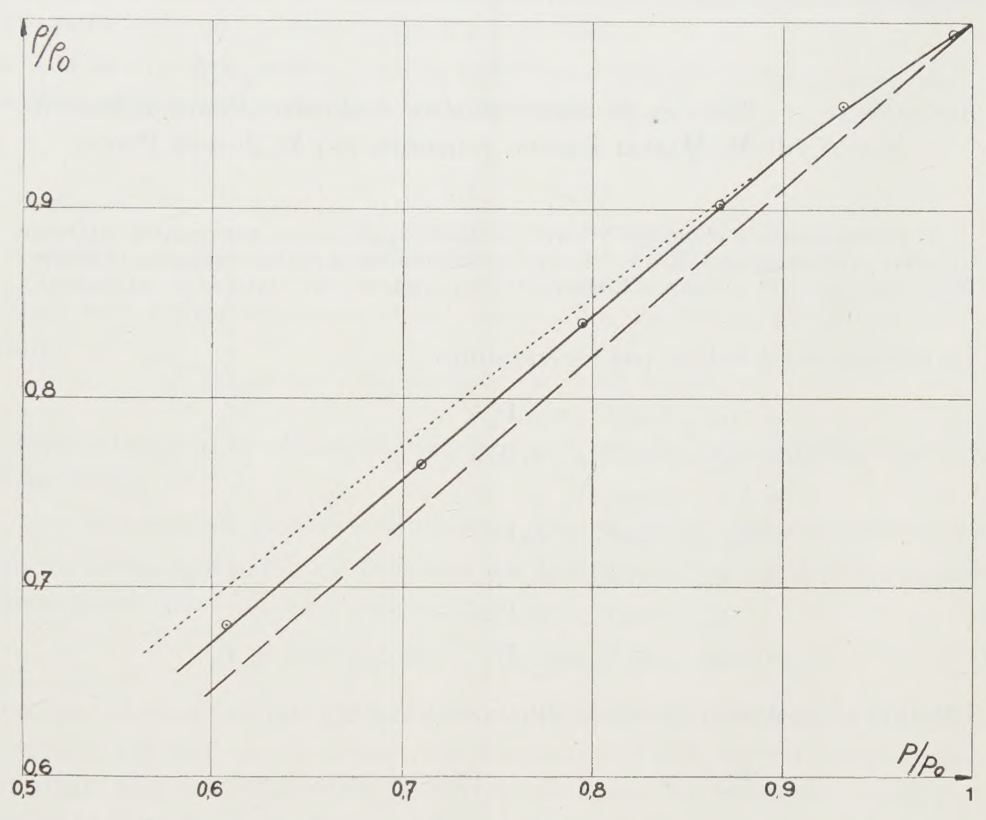
Le coefficient de frottement est, en moyenne, de l'ordre de grandeur de celui donné par la loi de Karman. Il semble, toutefois, que son évolution ne soit pas régulière et qu'après la zone de développement de la couche limite où il diminue régulièrement, il faille distinguer la zone centrale et enfin la zone de sortie où l'accélération augmente et où le coefficient de frottement baisse nettement.

Nous avons comparé les résultats de nos mesures d'abord à ceux donnés par l'application d'une théorie donnée par Hawthorne dans laquelle on admet que l'écoulement se fait par tranches. Bien que cette théorie néglige le développement de la couche limite elle donne, avec une approximation de 3 % les valeurs moyennes des différentes grandeurs dans chaque section.

(*) Séance du 3 août 1953.

([1]) *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 376.

Une théorie plus complète due à Young et Winterbottom tient compte du développement de la couche limite et, jusqu'au point de régime établi, elle rend bien compte de nos mesures. Par contre, en régime établi, cette théorie admet qu'il y a un profil de vitesse constant le long du tuyau, cette hypothèse ayant été infirmée par nos mesures il est normal qu'il y ait un écart entre le résultat des calculs et nos mesures.



Relations théoriques entre masse spécifique et pression statique et résultats expérimentaux.

Nous avons pu établir, théoriquement, une relation entre : ρ/ρ_0 rapport de la masse spécifique dans une section à la masse spécifique dans la section d'entrée, et p/p_0, rapports des pressions statiques dans les mêmes conditions, qui rend compte très exactement des mesures faites sur l'axe du tuyau. Nous admettons la relation isentropique sur l'axe jusqu'au point de régime établi; à partir de ce point, nous admettons que, dans un cylindre de rayon assez faible entourant l'axe, le profil de vitesse est assez plat pour qu'on puisse admettre l'hypothèse d'un écoulement par tranche, en prenant comme conditions initiales non plus les conditions à l'entrée, mais les conditions sur l'axe au point de régime établi. Sur la figure ci-dessus on a représenté, en traits pleins, le résultat de ce calcul, la relation isen-

tropique a été représentée en pointillés au delà du point de régime établi et l'écoulement par tranches, calculé à partir des conditions d'entrée, est représenté en tirets. On voit que les points expérimentaux se placent très régulièrement sur la courbe en traits pleins.

La description de l'installation, le détail des calculs, l'interprétation et le dépouillement des mesures seront publiés dans la collection des Publications Scientifiques du Ministère de l'Air.

RELATIVITÉ. — *Théorème de régularité dans la dernière théorie d'Einstein.* Note (*) de M. **Marcel Lenoir**, transmise par M. Joseph Pérès.

A. Lichnerowicz a démontré ([1]) que : « Tout espace-temps stationnaire extérieur régulier partout est euclidien ». On se propose d'étudier si ce théorème peut se généraliser dans la théorie unitaire d'Einstein ([2]). (On suppose le ds^2 statique et orthogonal.)

La connexion est définie par les équations :

$$0 = g_{4i,4} = g_{44}\Gamma^{4}_{4i} + g_{si}\Gamma^{s}_{44}, \tag{1}$$

$$0 = g_{i4,4} = g_{is}\Gamma^{s}_{44} + g_{44}\Gamma^{4}_{i4}, \tag{2}$$

$$0 = g_{44,4} = 2g_{44}\Gamma^{4}_{44}, \tag{3}$$

$$0 = g_{j4,l} = g_{js}\Gamma^{s}_{l4} + g_{44}\Gamma^{4}_{jl}, \tag{4}$$

$$0 = g_{4j,l} = g_{44}\Gamma^{4}_{lj} + g_{sj}\Gamma^{s}_{4l}, \tag{5}$$

$$g_{44,i} = g_{44}\Gamma^{4}_{i4} + g_{44}\Gamma^{4}_{4i}, \tag{6}$$

$$0 = g_{ij,4} = g_{is}\Gamma^{s}_{4j} + g_{sj}\Gamma^{s}_{i4} \qquad (i,\ j,\ s,\ l = 1,\ 2,\ 3). \tag{7}$$

On obtient facilement dans les équations (3), (6), (1), (2) :

$$\Gamma^{4}_{44} = 0, \qquad \Gamma^{4}_{i4} = \frac{1}{2g_{44}}\,g_{44,i},$$

$$\Gamma^{l}_{44} = -\frac{1}{2}\,g_{44,i}\,g^{li}, \qquad \Gamma^{4}_{4\underset{\vee}{i}} = \frac{1}{2g_{44}}\,g_{44,j}\,g^{sj}g_{s\underset{\vee}{i}}.$$

En portant dans (7) les valeurs de Γ^{s}_{l4} et de Γ^{s}_{4l} tirées de (4) et (5),

$$0 = g_{is}g^{sl}\Gamma^{4}_{jl} + g_{sj}g^{ls}\Gamma^{4}_{li}.$$

Si le déterminant des coefficients des Γ^{4}_{jl} n'est pas nul, on obtient

$$\Gamma^{4}_{jl} = 0, \qquad \Gamma^{i}_{l4} = 0, \qquad \Gamma^{i}_{4l} = 0.$$

Les relations précédentes donnent, en désignant par $\bar{\Delta}_2 f$, le second paramètre

(*) Séance du 20 juillet 1953.

([1]) *Problèmes globaux en mécanique relativiste*, Paris, 1939, p. 42.

([2]) *Théorie de la gravitation généralisée*, Paris, 1951.

différentiel de f relatif aux sections d'espace :

$$\mathrm{R}_{44} = -\frac{1}{2}(g_{44,j}\, g^{\underline{ji}})_{,i} - \frac{1}{2} g_{44,i}\, g^{\underline{il}}\, \Gamma^{j}_{\underline{lj}} + \frac{1}{4 g_{44}} g^{\underline{li}} g_{44,i}\, g_{44,l},$$

$$\mathrm{R}_{44} = -\sqrt{g_{44}}\, \nabla_i \left[g^{\underline{ij}}_{+} (\sqrt{g_{44}})_{,j} \right] = -\sqrt{g_{44}}\, \overline{\Delta}_2 \sqrt{g_{44}}.$$

Le raisonnement fait par Lichnerowicz ([1]), moyennant des hypothèses précises sur les sections d'espace, montre que g_{44} est constant. Les $\Gamma^{\alpha}_{\beta\delta}$ qui contiennent au moins un indice égal à 4 sont nuls.

1. *Cas du « système faible ».* — Papapetrou a démontré ([3]) que, dans l'hypothèse d'un espace-temps statique à symétrie sphérique, on a

$$g_{ij} = \begin{vmatrix} -\alpha & 0 & 0 & \omega \\ 0 & -\beta & h \sin\theta & 0 \\ 0 & -h\sin\theta & -\beta\sin^2\theta & 0 \\ -\omega & 0 & 0 & \gamma \end{vmatrix}.$$

Le ds^2 sera orthogonal si ω est nul, c'est-à-dire dans le cas électrique. On a en outre

$$\underset{\vee}{\mathrm{R}}_{23,1} = 0, \qquad \underset{\vee}{\mathrm{R}}_{23} = c \sin\theta \neq 0 \qquad (c = \text{const.}).$$

L'espace-temps n'est donc pas euclidien et le théorème ne s'applique pas au système faible.

2. *Cas du « système fort ».* — En isolant dans R_{il} les $\Gamma^{\alpha}_{\beta\delta}$ qui contiennent au moins un indice égal à 4 et en désignant par $\overline{\mathrm{R}}_{il}$ la partie hermitienne du tenseur de Ricci relatif aux sections d'espace, *on trouve*

$$0 = \mathrm{R}_{il} = \overline{\mathrm{R}}_{il} \qquad (i, l = 1, 2, 3).$$

La même méthode montre que la partie anti-hermitienne de ce tenseur est nulle. On ne peut affirmer que le tenseur de Riemann est nul car ses composantes ne vérifient plus les relations de symétrie classiques. La solution donnée par Bonnor ([4]) permet de montrer que R^{3}_{113}, par exemple, n'est pas nul. Le théorème ne s'étend donc pas totalement au système fort.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les rapports entre les concepts de machine de multipole et de structure algébrique* ([1]). Note de M. **Jacques Riguet**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Une structure de *machine d'Ashby* (ou plus brièvement A machine ou A sys-

---

([3]) *Proc. Roy. Irish. Acad.*, A 51, 1947, p. 163.

([4]) *Proc. Roy. Soc.*, A. G. B., 1951, p. 209.

([1]) L'Ouvrage du Dr Ashby *Design for a brain*. Chapmann et Hall, London, 1952, sera désigné dans les références ci-dessous par (D. f. B.).

tème) est constituée par la donnée : 1° de n ensembles $E_1, \ldots, E_n$ (E_i étant appelé le champ de la $i^{\text{ième}}$ variable); 2° d'une relation $\Sigma \subset E \times E$ quasi fonctionnelle métacyclique à droite (c'est-à-dire telle que $\Sigma\overset{-1}{\Sigma} \subset \Delta$ et $pr_2\Sigma \subset pr_1\Sigma$ ou ce qui est équivalent $\Sigma\overset{-1}{\Sigma} \subset \overset{-1}{\Sigma}\Sigma \cap \Delta$) sur l'ensemble $E = E_1 \times \ldots \times E_n$ (appelé espace des phases). On dit alors que $pr_1\Sigma$ en tant que sous-ensemble de E est l'*ensemble des états du système* et en tant que relation n-aire la *relation caractéristique du système* (²).

On appellera *trajectoire* toute relation biunivoque $T \subset \Sigma$. Si $x \in E_{\Sigma \cap \Delta}$, on dit que x est un *état stable* (ou un état de repos), si $\Sigma(X) \subset X$ on dit que X est une *région stable* (³). Si $\Sigma \subset \Delta$ on dit que la machine est en équilibre indifférent (⁴). Si G est un ensemble donné on appellera *grandeur du système* toute application u de $pr_1\Sigma$ dans G. Si $x \in pr_1\Sigma$, $u(x)$ sera appelé *mesure de la grandeur u* quand le système est dans l'état x. u sera dit *intégrale première* lorsque, quel que soit $x \in pr_1\Sigma$, $u\Sigma(x) = u(x)$.

Proposition. — *La notion de structure de* A *machine est équivalente à la notion de structure algébrique* (⁵) *déterminée par la donnée de n lois internes* $f_1, \ldots, f_n$. — En effet, on peut, sans rien perdre en généralité (⁶) supposer que $E_1 = \ldots = E_n = F$. Alors si $(x_1, \ldots, x_n) \in E$ on peut poser $\Sigma(x_1, \ldots, x_n) = (f_1(x_1, \ldots, x_n), \ldots, f_n(x_1, \ldots, x_n))$ et l'on voit que Σ détermine $f_1, \ldots, f_n$ et réciproquement.

2. Posons $\Pi_i\Sigma f(x_1, \ldots, x_n) = f_i(x_1, \ldots, x_n)$ ce qui définit le projecteur Π_i. Les équivalences $R_i = \overset{-1}{\Pi}_i\Pi_i$ forment un système de directions de plans (⁷). On définit la relation binaire $D \subset K \times K$ (⁸) de *dépendance immédiate* de la manière suivante : on dit que $(i, j) \in D$ ou que x_j dépend immédiatement de x_i lorsque $\widehat{R}_i \not\subset \overset{-1}{\Sigma} R_j \Sigma$. La relation de dépendance ultime (⁹) sera par définition la fermeture transitive $\overline{D}$ de D.

On dira qu'un système est à effet rétroactif lorsque D n'est pas acyclique. On

---

(²) C'est en effet l'analogue relationnel de la surface caractéristique relative à un système physique.

(³) *Cf.* D. f. B., 4/9, p. 48.

(⁴) La distinction entre « combinatorial circuits » et « sequential circuits » dans Keister, Washburn, Ritchie *Design of switching circuits*, Van Nostrand 1951, correspond au fait que les premiers sont des A machines en équilibre indifférent alors que pour les seconds Σ n'est pas inclus dans Δ.

(⁵) Au sens de Garett Birkhoff (*Proc. Cambridge phil. soc.*, **31**, 1935, p. 433-454).

(⁶) Car si les E_i ne sont pas identiques on considère leur ensemble somme F au sens de Bourbaki, *Th. des ensembles* (fasc. de résultats).

(⁷) *Cf.* J. Riguet, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2369.

(⁸) On pose $K = [1, n]$ et le signe $\wedge$ a le sens défini dans la note citée en (⁷). On comparera avec la définition de D. f. B., p. 50.

(⁹) D. f. B. 14/6, p. 258.

définit la relation binaire $I \subset K \times K$ d'*indépendance* de la manière suivante : on dit que $(i, j) \in I$, ou que x_j est indépendant de x_i, lorsque $\bigcup_{m \in N^*} \overset{m}{\Sigma} \widehat{R}_i \overset{-m}{\Sigma} \subset R_j$.

Proposition. — $D \subset I' \subset D$.

On dira que x_k est un *paramètre* si $\Pi_k \Sigma = \Pi_k$. En considérant les paramètres comme variables d'entrée et les autres variables comme variables de sortie on arrive à la notion de *multipole*.

3. Si Σ_1 et Σ_2 définissent deux A machines, leur produit tensoriel $\Sigma_1 \otimes \Sigma_2$, ([10]), ([11]), est encore une A machine. Si Σ est une machine et si

$$\Sigma(x_1, \ldots, x_n) = \big(f_1(x_1, \ldots, x_n), \ldots, f_n(x_1, \ldots, x_n)\big)$$

et si dans cette machine x_j est un paramètre on dira que la machine U définie par

$$\begin{aligned} & U(x_1, \ldots, x_{j-1}, x_{j+1}, \ldots, x_n) \\ & \quad = \big(f_1(x_1, \ldots, f_j(x_1, \ldots, x_n), x_{j+1}, \ldots, x_n), \ldots, f_n(x_1, \ldots, f_j(x_1, \ldots, x_n), \ldots, x_n)\big) \end{aligned}$$

est obtenue à partir de la machine Σ en reliant la variable x_i au paramètre x_j. Étant donné une trajectoire Σ ayant un élément initial $(x_1^0, \ldots, x_n^0)$ les *équations du mouvement* sur cette trajectoire consistent en l'ensemble des équations aux différences finies exprimant les variables à l'instant t en fonction de $(x_1^0, \ldots, x_n^0)$. Dans le cas d'une A machine constituée par un réseau d'interrupteurs électromagnétiques ou électroniques F est l'algèbre de Boole libre engendrée par les symboles correspondant aux interrupteurs indépendants. On montre alors que dans ce cas la résolution des équations du mouvement revient à un calcul de matrices à éléments dans une algèbre de Boole, calcul qui est en tout point semblable à celui des relations binaires ([12]). Dans une prochaine Note nous préciserons le rapport entre la théorie des machines et la théorie des fonctions récursives.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une définition générale de la bande passante.* Note de M. **Serge Colombo**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le but de la présente Note est d'envisager les conséquences de certaines approximations suggérées par diverses considérations d'ordre physique sur le formalisme mathématique relatif à la détermination de la réponse transitoire d'un système; donc, à la détermination des distorsions subies par les signaux lors de la traversée d'un canal de transmission.

([10]) On remarquera que l'on peut avoir $I \cap D \neq \emptyset$. Par exemple si F est l'algèbre de Boole libre engendrée par trois éléments x_1, x_2, x_3 et si $\Sigma(x_1, x_2, x_3) = (x_1 x_3, 0, x_1', x_2)$.

([11]) Pour la définition et les propriétés du produit tensoriel de relations binaires *cf.* : J. Riguet, *Fondements de la théorie des relations binaires* (*Thèse*, Paris, 1951).

([12]) *Voir* notre livre : *Théorie des réseaux d'interrupteurs*, à paraître chez Gauthier-Villars.

On suppose le système assimilable à un quadripole *linéaire* et *passif*; le signal émis est une différence de potentiel appliquée aux bornes d'entrée, le signal reçu à une d. d. p. recueillie aux bornes de sortie branchées sur une impédance connue. La solution du cas général se ramène à celle relative au cas particulier où le signal émis est l'échelon unité $\Upsilon(t)$, grâce à la formule de Vaschy. Dans ce cas particulier, le signal reçu est donné par l'intégrale de Bromwich-Wagner

(1) $$s(t)=\frac{1}{2\pi i}\int_{\mathrm{Br}}\frac{e^{tp}}{pZ(p)}\,dp,$$

$1/Z(p)$ désignant le facteur de réponse isomorphe du système quadripole-impédance de sortie, qu'on supposera exprimé compte tenu des pertes par effet Joule; *dans ces conditions*, l'axe imaginaire peut être pris pour contour d'intégration pour calculer la réponse à l'impulsion unité $\delta(t)$,

(1') $$s'(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{e^{i\omega t}}{Z(i\omega)}\,d\omega.$$

Soit un système de transmission *fictif* qui aurait pour facteur de transfert isochrone l'expression

(2) $$\frac{1}{Z(i\omega)}[\Upsilon(\omega+\Omega_0)-\Upsilon(\omega-\Omega_0)];$$

sa réponse à $\delta(t)$ sera

(3) $$s'_1(t)=\frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{\infty}s'(\xi)\frac{\sin\Omega_0(t-\xi)}{t-\xi}\,d\xi$$

c'est-à-dire une réponse identique à celle que fournirait notre système si on le soumettait au signal à spectre borné du type Ville-Oswald [1].

Adoptons pour définition du *temps d'établissement* du signal reçu celle donnée par Kupfmuller à partir de la projection sur l'axe des temps d'un segment de la tangente à $s(t)$ au point d'inflexion [2]. En substituant au système primitif le système fictif défini par (2) on reçoit un nouveau signal $s_1(t)$ qui, évidemment, différera d'autant moins de $s(t)$ que Ω_0 est plus grand. D'après une propriété des intégrales réciproques de Fourier, la réponse $s_1(t)$ ne différera qu'assez peu, pour t petit (de l'ordre de π/Ω_0) de celle de tout autre quadripole fictif ayant même bande passante. Par contre, les valeurs du facteur de réponse $1/Z(i\omega)$ correspondant à $|\omega|<\Omega_0$ influeront sur la forme du signal pour les autres valeurs de t. Il en résulte que si Ω_0 est choisi supérieur à une certaine limite, $s_1(t)$ ne différera de $s(t)$ qu'entre l'instant $t=0$ et le début effectif du signal reçu, ou encore (pour employer un terme familier depuis les travaux de M. L. Brillouin) ces

(1) *La Cybernétique* (Réunion d'études et mises au point tenues sous la présidence de M. Louis de Broglie) Editions de la Revue d'Optique, 1950, p. 108.

(2) *Loc. cit.*, p. 199.

deux fonctions ne différeront sensiblement qu'au cours des « précurseurs ». Ainsi, le temps d'établissement τ relatif à $s(t)$ pourra être très voisin de celui τ_1 relatif à $s_1(t)$ (par sa valeur absolue, mais pas nécessairement par l'époque à laquelle il a lieu).

L'approximation suggérée nous conduit à modifier la forme des précurseurs sans altérer l'allure générale du signal reçu. Elle s'explique par le fait que certains éléments constituant les mailles du quadripole (si on suppose celui-ci formé de réseaux de Kirchhoff) ne sont plus des constantes, mais des fonctions de ω aux très hautes fréquences : la recherche d'une très grande précision dans la détermination des précurseurs devient illusoire ([3]).

On peut donc conclure qu'une définition de la bande passante ne sera acceptable que s'il lui correspond, après substitution de s_1 à s, un temps d'établissement τ_1 voisin de τ; cette quantité est calculée à partir de (1), quelque procédé graphique ou mécanique fournissant ensuite le produit de composition (3) et par conséquent τ_1. On notera que cette façon de procéder est basée sur les mêmes principes que l'étude des distorsions par la méthode de M. Ville ([4]).

Mais le véritable problème ne consiste pas à vérifier l'égalité approchée de τ et τ_1; dans une Note qui fait suite à celle-ci, nous envisageons un mode de calcul faisant apparaître la dépendance de τ_1 avec certains paramètres caractéristiques du quadripole, d'où la possibilité, dans certains cas, de déduire une valeur convenable de τ_1 de la connaissance des paramètres en question.

ÉLECTRICITÉ THÉORIQUE. — *Deux théorèmes sur les dipôles électriques.* Note (*) de M. **Fazlollah Reza**, présentée par M. Louis de Broglie.

Il est bien connu que l'impédance d'un dipôle électrique sans dissipation est une fonction rationnelle Z(S) de la fréquence complexe $S = \omega + i\sigma$, telle que Z(S) ait tous ses pôles et zéros entrelacés sur l'axe des fréquences réelles ([1]). Posons $Z(S) = P(S)/Q(S)$. On sait que les polynomes P(S) et Q(S) sont à coefficients réels, l'un des polynomes étant d'un degré pair et l'autre impair. Nous allons démontrer le théorème suivant :

Théorème 1. — *Si $Z(S)=P(S)/Q(S)$ représente l'impédance d'un dipôle passif composé d'un nombre fini d'éléments réactifs, il en est de même de la fonction*

$$Z_n(S) = \frac{\dfrac{d^n P(S)}{dS^n}}{\dfrac{d^n Q(S)}{dS^n}}.$$

([3]) R. Cazenave, Déformation d'un signal transmis par une ligne coaxiale parfaitement homogène. *Câbles et Transmissions*, octobre 1951, p. 279-314.

([4]) Signaux analytiques à spectre borné (*Câbles et Transmissions*, janvier 1950, p. 9-23).

(*) Séance du 20 juillet 1953.

([1]) M. Bayard, *Complément au Cours d'électricité théorique.*

Considérons le polynome $\Pi(S) = P(S) + Q(S)$. Il a toutes ses racines dans le demi-plan à gauche de l'axe des imaginaires. C'est donc un polynome de Hurwitz. En appliquant le théorème de Lucas [2], on voit que les polynomes

$$\Pi^{(n)}(S) = \frac{d^n P(S)}{dS^n} + \frac{d^n R(S)}{dS^n};$$

dérivés successifs de $\Pi(S)$ sont aussi des polynomes de Hurwitz. De là on trouve que le rapport de la partie paire et la partie impaire de chaque polynome $\Pi^{(n)}(S)$ représente aussi l'impédance d'un dipôle passif fini composé d'éléments réactifs sans dissipation.

Théorème 2. — *Si* $Z(S) = P(S)/Q(S)$ *représente l'impédance d'un dipôle à dissipation, composé seulement de deux types d'éléments (« résistors » et « inductors » ou « résistors » et capacitors »), il en est de même de la fonction*

$$Z_n(S) = \frac{\dfrac{d^n P(S)}{dS^n}}{\dfrac{d^n Q(S)}{dS^n}}.$$

Considérons le polynome associé $\Pi(S)$, a coefficients complexes :

$$\Pi(S) = P(S) + iQ(S) \qquad (i = \sqrt{-1}).$$

On sait d'après Cauer [1] que les pôles et zéros de la fonction $Z(S)$ sont entrelacés sur un segment de la partie négative de l'axe réel. Un théorème important qui a reçu tant d'applications par Laguerre, Hermite [3], Hurwitz, Fujiwara et autres, montre que toutes les racines de $\Pi(S)$ se trouveront au-dessus ou au-dessous de l'axe réel. De plus $P(S)$ et $Q(S)$ étant des polynomes de Hurwitz, les racines de $\Pi(S)$ seront assujetties à rester dans le quadrant Nord-Ouest ou Sud-Ouest du plan de la fréquence complexe. Appliquons maintenant le théorème de Lucas aux dérivées successives de $\Pi(S)$:

$$\Pi^{(n)}(S) = \frac{d^n P(S)}{dS^n} + i\,\frac{d^n Q(S)}{dS^n}$$

On voit que toutes les racines des polynomes $\Pi^{(n)}(S)$ sont contenues dans le même quadrant [4]. Par un raisonnement réciproque on trouvera que les suites des racines des deux polynomes $[d^n P(S)]/dS^n$; $[d^n Q(S)]/dS^n$ forment des suites entrelacées sur un segment de la partie négative de l'axe réel, donc elles représentent l'impédance de dipôles RL ou RC.

---

(2) F. Lucas, *Comptes rendus*, 78, 1874, p. 274.

(3) Ch. Hermite, *Œuvres*, III, p. 509, ou M. Marden, *The Geometry of the zeros of a polynomial in a complex variable* (Amer. Math. Soc. éd., 1949, chap. IX).

(4) F. M. Reza, *Massachusetts Institute of Technology Research Laboratory of Electronics, Progres Reports*, October 1952 and April 1953.

GÉOLOGIE. — *Sur les cuirasses termitiques fossiles dans la Vallée du Niari et dans le Massif du Chaillu. (Moyen Congo, A. E. F.)* Note de M. **Henri Erhart**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Dans une Note antérieure (¹), nous avons montré le rôle important que jouent les cuirasses ferrugineuses termitiques dans la géographie des régions tropicales et signalé leur existence dans la Vallée du Niari ainsi que dans le Massif cristallin qui s'étend au Nord de cette vallée.

Des observations récentes permettent aujourd'hui de préciser les conditions particulières dans lesquelles on les rencontre et d'évoquer le problème de leur ancienneté et de leur genèse.

Dans la Vallée du Niari les cuirasses termitiques sont essentiellement liées aux argiles de décalcification des roches de la série schisto-calcaire. Elles sont extrêmement abondantes entre Loutete et Loudima, dans les vastes plaines dont la surface se situe à environ 20 à 30 m au-dessus du niveau des rivières actuelles.

En parcourant cette région, on constate que les blocs des cuirasses termitiques sont généralement recouverts d'un sol argileux jaune-brun, de 1 à 2 m d'épaisseur, et qu'ils sont noyés dans une masse de gravelles et de pisolithes ferrugineux d'une dizaine de mètres d'épaisseur, lesquels reposent eux-mêmes, soit sur le terrain schisto-calcaire en place, soit sur des cailloutis alluvionnaires gris de cette provenance. Très souvent le niveau des gravelles et pisolithes ferrugineux est cimenté en une masse compacte et renferme des fragments de cuirasse termitique vacuolaire plus ou moins grands.

A noter que les buttes-témoins du schisto-calcaire qui émergent de la plaine présentent, là où elles ne sont pas entièrement dénudées de leur manteau d'altération, une couche plus ou moins épaisse de gravelles et de pisolithes ferrugineux.

Des analogies de gisement frappantes s'observent dans les terrains du Massif du Chaillu qui s'élève au Nord de la Vallée du Niari. Ce massif qui se développe entre les formations sableuses des Plateaux Bateke, à l'Est, et les Monts du Mayombe, à l'Ouest, présente une série de plateaux qui se situent à environ 250 ou 300 m au-dessus des plaines du Niari. Parmi les plus remarquables de ces plateaux, au point de vue qui nous occupe, il faut citer celui de Sibiti sur les terrains sédimentaires du Bouentzien à l'altitude 500 m, et celui de Boudouhou, situé un peu plus au Nord, à l'altitude 450 m.

A Sibiti, les blocs des cuirasses termitiques sont également recouverts d'un sol argileux de 1 à 2 m d'épaisseur et reposent sur une masse épaisse

(¹) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 966.

de gravelles et de pisolithes ferrugineux contenant des fragments de cuirasse termitique vacuolaire de différentes tailles. L'épaisseur de la couche de gravelles peut atteindre ici plusieurs dizaines de mètres et certains niveaux sont cimentés et forment une dalle rocheuse compacte.

Les matériaux des cuirasses termitiques et des gravelles du Plateau de Sibiti sont constitués surtout par les produits d'altération des schistes argileux ou argilo-sableux du Bouentzien. De ce fait ils ne renferment que peu ou pas de quartz, et là où le quartz est présent, il se présente sous forme de grains de sable arrondis.

A Boudouhou, les cuirasses termitiques, les gravelles et les pisolithes sont formés par les produits d'altération du granite. Pour cette raison, tous les matériaux renferment toujours du quartz clastique en forte proportion. Mais par ailleurs les conditions de gisement sont identiques à celles observées sur le Plateau de Sibiti, aussi bien en ce qui concerne la succession des différents niveaux lithologiques, qu'en ce qui concerne leur épaisseur respective.

Tous ces faits, observés aussi bien dans la Vallée du Niari que dans le Massif du Chaillu, doivent être interprêtés à notre avis de la manière suivante : Il ne paraît pas douteux qu'à une certaine période plus ou moins reculée du Quaternaire, de vastes remaniements de terrains ont eu lieu qui ont éparpillé dans les vallées anciennes et dans les pénéplaines les matériaux d'un épais manteau d'altération des roches dans lequel les constructions termitiques rocheuses devaient être extrêmement abondants. Ainsi que je l'ai décrit ailleurs, il faut considérer que les gravelles et les pisolithes sur lesquels reposent les blocs latéritiques termitiques proviennent eux-mêmes du démantellement d'anciennes cuirasses termitiques. Il ne parait pas douteux, d'autre part, que l'activité termitique a continué sur une vaste échelle après la mise en place des produits de remaniement et a certainement été favorisée par des nappes phréatiques qui ont fourni aux termites de l'époque l'eau nécessaire à la cémentation et à la construction de leurs citadelles hypogées. Dans certaines termitières, en effet, le matériau qui sépare les vacuoles entre elles est lui-même pisolithique. Le nid a donc été construit sur place dans une masse argileuse plus ou moins riche en pisolithes, suivant les cas.

D'une manière générale, il faut admettre que tous les remaniements dont il est question n'ont pu se produire qu'en l'absence de végétation forestière et que les constructions termitiques fossiles dont nous parlons n'ont pu être élaborées sous un couvert forestier équatorial analogue à celui qui existe aujourd'hui dans la zone considérée, ou dans les prairies secondaires de cette zone qui résultent d'une destruction récente de la forêt par l'Homme.

Cette interprétation des faits relatés me paraît prouver à l'évidence que la sylve équatoriale primitive a subi, pour des raisons climatiques,

une éclipse quasi totale à une certaine période du Quaternaire que des observations futures permettront certainement de dater avec plus de précision, lorsque des documents d'ensemble concernant la morphologie et la constitution lithologiques des anciennes terrasses fluviales auront pu être réunis.

CYTOGÉNÉTIQUE. — *Le nombre chromosomique des Dioscoréacées pyrénéennes et leur rattachement au genre* Borderea *Miégeville*. Note (*) de M. **Henri Heslot**, présentée par M. Philibert Guinier.

Dans le cadre de recherches que nous poursuivons sur les mécanismes de détermination du sexe chez les plantes dioïques, nous avons été amené à étudier cytologiquement diverses espèces de Dioscoréacées, en particulier quelques exemplaires de plantes mâles et femelles de *Dioscorea pyrenaica* Bubani et Bordère, que nous avions récoltées à Gavarnie en juillet 1951. Ces plantes, repiquées en pots à Paris, fleurirent en mai 1952, nous permettant ainsi d'étudier la méiose chez les pieds mâles. Ces plantes possèdent $2n = 24$ chromosomes qui forment régulièrement 12 bivalents en métaphase hétérotypique.

Entre temps, H. Gaussen avait annoncé sa découverte d'une nouvelle espèce de *Dioscorea* dans les Pyrénées espagnoles (1). D'après la description, la nouvelle espèce, à laquelle l'auteur donnait le nom de *Dioscorea Chouardii*, apparaissait comme étroitement apparentée à *Dioscorea pyrenaica*. *Dioscorea Chouardii*, plante de plus petite dimension, à feuilles moins épaisses et à fruits plus petits que *Dioscorea pyrenaica*, pouvait apparaître, *a priori*, comme un type diploïde, dont *Dioscorea pyrenaica* serait issu par polyploïdie.

Pour élucider la question, il était indispensable de déterminer les nombres chromosomiques des deux espèces. Nous nous sommes donc rendu en Espagne en août 1952 et nous avons pu retrouver sans grande difficulté la station de *Dioscorea Chouardii* découverte par H. Gaussen. Malheureusement, les quelques exemplaires rapportés n'ont pas fleuri au printemps 1953. Nous avons alors examiné la mitose dans les méristèmes radiculaires. Cependant, les chromosomes restent très fortement déspiralisés (donc peu colorables et peu nets), même au stade de la métaphase, de telle sorte qu'aucun comptage certain ne fut possible. Un traitement préalable des méristèmes par une solution saturée de paradichlorobenzène, même si elle est poursuivie pendant 5 ou 6 h, ne raccourcit que fort peu les chromosomes. Au contraire, les jeunes feuilles sont le siège de nom-

(*) Séance du 6 juillet 1953.

(1) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 99, 1952, p. 23-25.

breuses mitoses présentant normalement des chromosomes courts et facilement comptables : nous avons pu y dénombrer avec certitude 24 chromosomes ($2n$).

Dioscorea Chouardii a donc le même nombre chromosomique ($2n = 24$) que *Dioscorea pyrenaica*. Il paraît vraisemblable d'admettre qu'elles ont un ancêtre commun, mais que leur isolement géographique les a conduites à évoluer indépendamment.

D'autre part, si l'on examine les nombres chromosomiques des espèces appartenant au genre Dioscorea, tels qu'ils résultent des travaux de Nakajima ([2]) et B. W. Smith ([3]), on s'aperçoit qu'il existe dans ce genre une importante série polyploïde. On connaît en effet des espèces distinctes ayant $2n = 20, 40, 60, 80, 140$, le nombre de base étant visiblement $n = 10$ (quelques nombres aberrants sont bien à signaler, mais seulement chez les polyploïdes de rang très élevé).

Lors de la description de la première Dioscoréacée pyrénéenne (*Dioscorea pyrenaica*, Bubani et Bordère), Miégeville avait indiqué que cette plante s'écartait à divers points de vue du genre Dioscorea et avait proposé la création d'un genre nouveau : *Borderea* ([4]). Cependant, ce nouveau genre n'a pas été admis unanimement par tous les botanistes et H. Gaussen lui-même a décrit l'espèce qu'il a découverte sous le nom de *Dioscorea Chouardii*.

La cytologie nous semble pouvoir aider à trancher un débat centenaire : le nombre de base des deux Dioscoréacées endémiques aux Pyrénées est de $n = 12$, alors que celui que présente constamment le genre *Dioscorea* est de $n = 10$. Ce fait nous paraît constituer un important argument en faveur de l'adoption du genre *Borderea*, avec les deux espèces *Borderea pyrenaica* et *Borderea Chouardii*.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur l'élaboration de l'acide ascorbique au cours du traitement de printanisation*. Note (*) de M. **Jean Séchet**, transmise par M. Henri Devaux.

Au cours d'une précédente étude ([1]), nous avons mentionné que l'acide ascorbique (vitamine C), administré aux graines avant le traitement de printanisation, améliorait l'accomplissement de ce dernier. En effet, des graines de Lupin blanc, mises à germer avec des solutions d'acide ascorbique avant le

---

([2]) *Jap. J. Genet.*, **5**, 1933, p. 172; **12**, 1936, p. 211.

([3]) *Bull. Torrey Bot. Cl.*, **24**, 1937, p. 275.

([4]) *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **13**, 1866, p. 373-383.

(*) Séance du 27 juillet 1953.

([1]) J. Séchet, *Thèse Sc. Nat.*, Bordeaux, 1952.

traitement par le froid, donnent des plantes qui fleurissent plus précocement que celles provenant de graines traitées sans acide ascorbique. On sait que, pendant la germination normale, la quantité de cet acide croît dans de notables proportions et l'on pense que sa synthèse pourrait s'effectuer à partir des glucides. De plus, l'acide ascorbique existerait en quantité importante dans les plantes au moment de la floraison. D'ailleurs, il remplit des fonctions importantes dans le métabolisme puisqu'il joue le rôle de transporteur d'hydrogène.

Les connaissances que l'on possédait déjà sur cette substance, jointes aux constatations précédentes, nous ont amené à évaluer la quantité d'acide ascorbique élaboré par les plantes pendant une germination normale et au cours d'un traitement de printanisation.

Nous avons utilisé pour ces dosages la technique de Baraud ([2]), spécifique de l'acide ascorbique total. Elle comporte, après une extraction par broyage des graines à l' « atomixer », une oxydation de l'acide ascorbique par l'iode; l'acide déhydroascorbique obtenu se transforme, à pH 7,4, en milieu tamponné par l'acide borique, en acide 2-3-dicétogulonique, sur lequel on fait agir la parasulfophénylhydrazine à pH 4,7, au bain-marie bouillant pendant 1 h 30. On obtient un colorant jaune la « tartrazine » dont on détermine alors l'absorption pour la radiation 436 mμ du mercure à l'électrophotomètre. D'autre part, on effectue la même réaction sur une partie de la liqueur dans laquelle on détruit l'acide ascorbique par chauffage au bain-marie bouillant pendant 30 mn à pH4. On évalue ainsi la quantité d'acide ascorbique par différence entre ces deux échantillons par rapport à un dosage étalon à partir d'une quantité connue de produit pur.

Des dosages comparatifs ont été effectués sur des graines de Lupin blanc germées pendant 1 à 16 jours avec 110 % de leur poids d'eau à la température de 25° C et sur des graines printanisées pendant 3 à 130 jours à la température de 2° C. Ce traitement par le froid était précédé d'un séjour de 48 h à 25° C avec 110 % de leur poids d'eau afin de provoquer un début de germination.

Les résultats des différents dosages ont permis de construire les graphiques ci-après. Ils représentent les variations de la quantité d'acide ascorbique exprimée en γ par gramme de matière sèche (*fig.* 1) et par graine en fonction de la longueur de la radicule (*fig.* 2).

On remarque (*fig.* 1) que, pendant une germination normale (témoin), la quantité d'acide ascorbique produite augmente rapidement, de 0 à 590 γ/g de matière sèche, pendant les trois premiers jours de germination, puis décroît assez rapidement et, au 13e jour, elle n'est plus que de 80 γ/g de matière sèche. Au cours du traitement de printanisation, la quantité d'acide ascorbique s'accroît constamment et, au bout de 130 jours, elle est de 1400 γ/g de matière

([2]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, **18**, 1951, p. 837-843.

sèche. Toutefois, cet accroissement est beaucoup plus lent pendant le séjour des semences au froid qu'au début même de la germination normale qui précède le traitement.

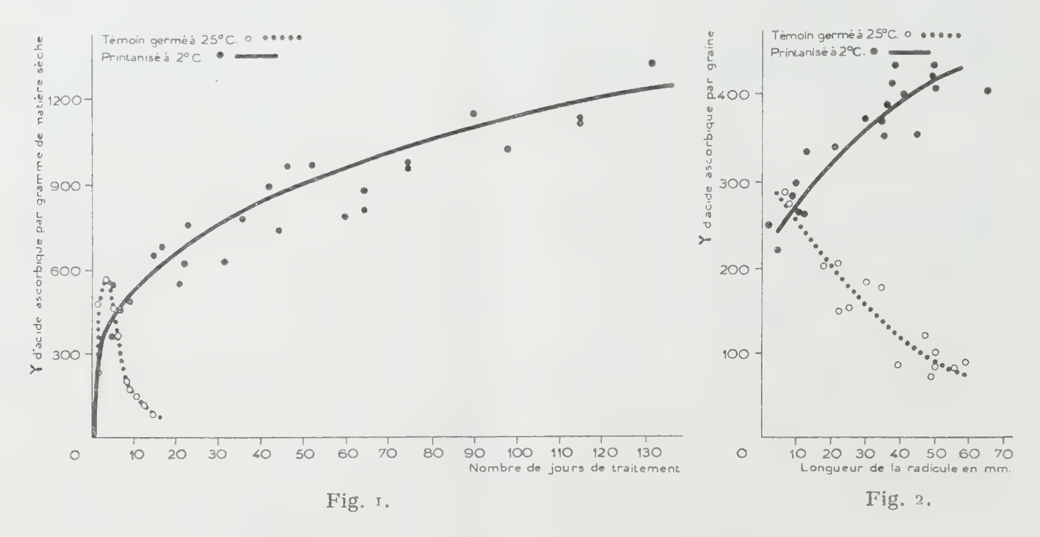


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Courbes représentant les variations de la teneur en acide ascorbique, exprimée en γ par gramme de matière sèche, en fonction de la durée du traitement chez les graines de Lupin blanc, printanisées et témoins. (Pour la courbe des témoins les points représentatifs sont le résultat de moyennes effectuées après plusieurs dosages.)

Fig. 2. — Courbes représentant les variations du taux d'acide ascorbique, exprimé en γ par graine, en fonction de la longueur de la radicule chez les graines de Lupin blanc printanisées et témoins.

D'autre part, si l'on compare des semences parvenues au même état de développement apparent, les unes printanisées, les autres témoins (germées à 25° C), possédant une radicule de même longueur, on obtient des courbes de variation assez analogues (*fig.* 2). Ainsi, pour des graines dont la longueur de la radicule est de 3 à 5 mm, la teneur en acide ascorbique des semences printanisées est inférieure à celle des témoins (ceci correspond aux premiers jours du traitement par le froid); ensuite, au cours de la printanisation, la quantité d'acide ascorbique augmente régulièrement tandis que, pendant la germination normale, cette quantité décroît en même temps que la radicule s'allonge.

En résumé, la teneur en acide ascorbique augmente progressivement au cours du traitement de printanisation tandis que, pendant une germination normale, après un accroissement rapide, elle diminue ensuite brusquement. Sa synthèse paraît favorisée par l'augmentation du taux des glucides solubles des graines printanisées ([3]). Remplissant les fonctions de transporteur d'hydrogène, il semble bien que, s'il ne joue pas un rôle déterminant dans les phénomènes de printanisation, il exerce néanmoins une action favorisante.

([3]) R. David et J. Séchet, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 537; J. Séchet, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 334.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les relations existant, chez les Oiseaux, entre le mode d'évolution de l'œuf dans l'utérus, l'enroulement des chalazes et l'orientation de l'embryon.* Note (*) de MM. **Jean Clavert** et **Pierre Vintemberger**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une Note antérieure, nous avons montré que « dans l'œuf du Pigeon et dans celui du Canard, *il existe une relation étroite entre l'orientation de l'embryon, par rapport à l'axe longitudinal de l'œuf, et le mode d'enroulement des chalazes* ».

On sait, d'après les travaux de Conrad et Philips, que les chalazes se constituent dans l'utérus et que ce sont les mouvements de rotation que celui-ci imprime à l'œuf durant le long séjour qu'il y accomplit (environ 20 h chez la Cane et 36 h chez la Pigeonne) qui déterminent leur enroulement.

Le fait que, chez le Canard, les chalazes ne sont pas toujours enroulées dans le même sens, nous a conduit à penser que des changements de position de l'œuf dans l'utérus, tels que ceux qu'Olsen et Byerly ont décrits chez la Poule, pouvaient être à l'origine des différences que nous avons observées d'un œuf à l'autre, chez le Canard, tant dans le mode d'enroulement des chalazes que dans l'orientation de l'embryon. Pour contrôler cette hypothèse, nous avons étudié, par des radiographies prises de 2 h en 2 h, l'évolution, durant toute la durée de leur séjour dans l'utérus, d'œufs qui étaient ensuite ouverts et étudiés, après trois jours d'incubation, dans les conditions rapportées dans notre précédente Note. Les constatations faites au cours de cette étude, qui a porté sur 27 œufs de Pigeonne et 33 œufs de Cane, sont les suivantes :

Chez le Pigeon. — Dans la totalité des cas, l'œuf garde, pendant toute la durée de son séjour dans l'utérus, la même orientation : son petit bout reste dirigé vers le cloaque, orientation que nous appelons « petit bout avant ».

Chez le Canard. — Les dispositions observées sont au contraire très variables. Elles permettent de classer les 33 œufs étudiés en quatre groupes.

Groupe 1. — 14 œufs sont restés, pendant tout leur séjour dans l'utérus, orientés « petit bout avant », comme chez le Pigeon et, comme chez ce dernier, tous les embryons étaient orientés conformément à la règle de von Baer (orientation que nous appelons conforme) et, de même, les chalazes étaient enroulées, celle du petit bout *senestrorsum* et celle du gros bout *dextrorsum* (type d'enroulement que nous appelons commun).

Groupe 2. — 8 œufs ont effectué une unique bascule, dans les 12 premières heures de leur séjour dans l'utérus, bascule inversant exactement la position de l'œuf, qui reste dès lors orienté « gros bout avant » jusqu'à la ponte.

(*) Séance du 29 juin 1953.

Dans ces 8 œufs, les chalazes montraient un enroulement du type inverse (chalaze du petit bout *dextrorsum*, chalaze du gros bout *senestrorsum*) et les embryons une orientation également inverse (c'est-à-dire non conforme à la règle de von Baer).

Groupe 3. — 2 œufs ont effectué une unique bascule, dans les 6 dernières heures de leur séjour dans l'utérus. Dans ces 2 œufs, l'enroulement des chalazes était du type commun et l'orientation de l'embryon conforme à la règle de von Baer.

Groupe 4. — Les 9 derniers œufs ont effectué de 2 à 4 bascules durant leur séjour dans l'utérus. Les résultats observés dans ces cas ne sont pas moins instructifs que ceux obtenus dans les trois autres groupes, mais ils sont trop complexes pour être rapportés et analysés ici, aussi n'en ferons-nous pas état dans cette Note.

L'examen des résultats observés chez les œufs de Pigeon et dans les trois premiers groupes d'œufs de Canard, où l'évolution de l'œuf est simple, montre que :

1° Lorsque la *position de l'œuf demeure inchangée dans l'utérus* (orientation constante petit bout avant), ce qui est le cas pour tous les œufs de Pigeon et les 14 œufs de Canard du groupe 1, l'enroulement des chalazes est du type commun et l'orientation de l'embryon conforme à la règle de von Baer.

2° Lorsque *l'œuf exécute dans l'utérus une unique bascule* amenant son gros bout en avant, et que cette bascule se réalise *durant les* 12 *premières heures de son séjour dans l'utérus*, les dispositions présentées, tant pour les chalazes que pour les embryons, sont exactement inverses de celles observées dans le groupe 1 où aucune bascule ne s'est produite. Ce résultat apparaît d'une interprétation simple si l'on considère que la bascule ayant amené l'œuf « gros bout avant » entraîne obligatoirement la rotation de celui-ci dans le sens opposé au sens primitif. D'où, pour les chalazes, l'effacement de leur enroulement primitif, puis leur enroulement en sens opposé, et, pour l'embryon, une orientation inverse à celle qui se serait réalisée si l'œuf avait gardé son orientation primitive.

Les faits observés ne nous paraissent pas susceptibles d'une autre interprétation, et celle-ci nous semble d'autant plus fondée qu'elle s'appuie sur cette donnée expérimentale, mise en évidence par l'un de nous sur l'œuf de Grenouille rousse : lorsque l'on soumet celui-ci, dans l'heure qui suit la fécondation, à deux rotations successives, dirigées en sens inverse, la seconde annule l'effet de la première et détermine seule l'orientation de l'embryon.

3° Lorsque *l'œuf exécute dans l'utérus une unique bascule amenant son gros bout en avant*, mais que cette bascule se réalise *durant les* 6 *dernières heures de son séjour dans l'utérus*, les dispositions présentées sont les mêmes que dans le groupe 1 où aucune bascule ne s'est produite.

Les bascules tardives apparaissent donc sans effet, et ce résultat est encore de même ordre que celui observé sur l'œuf de Grenouille, où une rotation tardive (faite plus de 1 h 15 mn après la fécondation) se montre également sans effet sur l'orientation du futur embryon.

CONCLUSION. — *L'orientation de l'embryon des Oiseaux, par rapport à l'axe longitudinal de l'œuf, dépend de l'évolution que celui-ci accomplit dans l'utérus durant la première partie de son séjour dans cet organe.*

L'orientation du plan de symétrie bilatérale de l'embryon se réalise donc par épigénèse. Le stade à partir duquel cette orientation est devenue irréversible est encore plus tardif que chez les Amphibiens, puisque, chez ces derniers, il se situe avant le début de la segmentation, alors que celle-ci a déjà commencé, chez les Oiseaux, lorsque l'œuf pénètre dans l'utérus.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Données nouvelles sur les substances antirachitiques naturelles; leur présence dans les végétaux.* Note de M. **YVES RAOUL**, Mlle **NOËLLIE LE BOULCH**, MM. **JEAN CHOPIN**, **PAUL MEUNIER** et Mme **ANDRÉE GUERILLOT-VINET**, transmise par M. Maurice Javillier.

Nous avons décrit (¹) l'isolement d'un nouveau corps anti-rachitique des huiles de foies de Poissons sous forme de son dérivé calcique, que nous n'avions pu distinguer de celui obtenu par synthèse à partir du 2-4, 2'-4' bicholestadiène (²) L'identification rigoureuse était difficile en raison des proportions variables de calcium. Nous décrivons maintenant l'isolement des supports organiques.

Les composés calciques, isolés préalablement ou non, étant en émulsion dans la potasse méthanolique à 5% étendue de 20 parties d'eau du robinet, on acidifie par l'acide sulfurique et extrait par l'éther sulfurique. On reprend dans l'éther de pétrole et chromatographie sur alumine type Brockmann. L'élution se fait par le mélange éther de pétrole (9 p.)-éther sulfurique (1 p.) et est suivie grâce au spectre U. V. maximum à 250 mμ (éther sulfurique). Des cristaux arbusculaires sont obtenus par concentration du mélange d'élution.

Les cristaux naturels et de synthèse ont le même spectre U. V. maximum à 250 mμ passant à 265 mμ par retour à leur combinaison calcique. Par contre les premiers fondent à 136° (corr.) et les seconds à 244° (corr.), les poids moléculaires étant respectivement de 400 et 800 environ. *Ces corps sont donc différents, le composé naturel appartenant à un type de stéroïde simple et l'autre à un type doublé.* Les synthèses suivantes des deux séries de composés confirment ce point de vue :

1° *Synthèse du corps de la série simple :* on traite le cholestérol en solution dans le tétrachlorure de carbone par la floridine à chaud dans les conditions où Bills (³) avait noté

(¹) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1704.
(²) *Comptes rendus*, **235**, 1952, p. 1439.
(³) *J. Biol. Chem.*, **67**, 1926, p. 753.

dès 1926 l'apparition d'une activité antirachitique globale. On peut isoler le corps actif du tétrachlorure et surtout son précurseur de l'éluat éthéro-acétonique de la floridine en utilisant la technique décrite dans le cas des huiles naturelles ([1]). On passe des composés calciques aux corps déminéralisés comme il est décrit plus haut (rendement 5 % environ). Les cristaux fondent à 136° (corr.), sans abaissement par mélange avec le produit naturel des huiles de Poissons. *Analyse :* C, 83,45 %; H, 12,00 %. Calculé pour $C_{27}H_{46}O$: C, 83,87 %; H, 11,99 %. Activité biologique du même ordre que celle de la vitamine D_2 chez le Rat.

Synthèse du corps de la série doublée : il avait été obtenu antérieurement à partir du 2-4, 2'-4' bicholestadiène de différentes façon ([2]), mais l'activation par la floridine de ce carbure a échoué. Par contre, le 3-5, 3'-5' bicholestadiène ([4]) ainsi traité conduit au corps actif (F 244°) de poids moléculaire double comme le stéroïde dont il provient. Dans les réactions du cholestérol en milieu acide de nos premières recherches ([5]) c'est le corps doublé que nous avons obtenu.

L'application des mêmes méthodes d'isolement à un extrait éthéré de gazon desséché à température modérée et sous vide, a permis d'obtenir à partir de 100 g de produit sec 30 μg environ de corps actif (F. 136° corr.) et 300 μg environ de son précurseur activable par traitement alcalin. Rygh ([6]) avait montré autrefois l'activité antirachitique des fractions insaponifiable *et saponifiable* d'un extrait de foin, mais l'ignorance des composés que nous décrivons n'avait pas permis d'interpréter ces résultats surprenants. Ces composés permettent aussi de comprendre les expériences de Kon ([7]) et de Boer ([8]) sur le pouvoir antirachitique du beurre, que ces auteurs ne retrouvent qu'en faible partie dans l'insaponifiable.

En résumé, il existe un type de produit antirachitique qui se rencontre aussi bien chez les végétaux que chez les animaux. C'est un stéroïde de formule brute identique à celle du cholestérol, ou très voisine, quoique différent de la vitamine D 3. Un composé également actif, mais de poids moléculaire double, peut être préparé par synthèse. On peut considérer ces substances comme des « *transporteurs de calcium* » car leur propriété fondamentale constatée jusqu'ici *in vitro* est de pouvoir fixer électivement de façon réversible une quantité très importante de ce métal.

La séance est levée à 15 h 30 m.

L. B.

([4]) A. Windaus, *Ber.*, **39**, 1906, p. 518.
([5]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1258.
([6]) *Nature* (Londres), **133**. 1934, p. 255 et 533.
([7]) *Biol. Journ.*, **27**, 1933, p. 1189 et 1302.
([8]) *Exp. ann. Biol. méd.*, **9**, 1948, p. 97.

